

煤矿通风安全管理及通风事故防范

李祖平

盐源西钢精煤有限责任公司 四川 凉山 635700

摘要：本文聚焦煤矿通风系统的安全管理问题，详细探讨了通风系统的基础构成、运行原理及关键参数计算方法。同时，结合实际工程经验，提出了通风系统优化设计、设施维护以及实时监控的具体措施。针对瓦斯爆炸、煤尘爆炸及火灾等典型通风事故，构建了风险评估模型，并提出了针对性的防范策略。通过案例分析与数据分析，揭示了通风事故发生的主要诱因，为煤矿企业的安全管理和可持续发展提供了理论依据和技术支持。

关键词：煤矿通风；安全管理；通风事故；风险评估；防范措施。

引言：煤矿通风系统完好可靠是矿井安全生产的前提保障，其稳定运行直接关系到井下作业人员的安全与生产效率。随着开采深度和强度的不断增加，通风安全管理面临诸多挑战。本文聚焦煤矿通风安全管理及通风事故防范，深入剖析通风系统基础、安全管理措施、事故风险评估与防范等内容，为煤矿企业提供科学有效的管理策略，助力煤矿行业安全可持续发展。

1 煤矿通风系统基础

1.1 通风系统构成要素

煤矿通风系统是一个复杂的动态网络，其核心功能在于维持井下空气质量，保障作业人员的安全和生​​产效率。通风网络由进风巷、回风巷和联络巷组成，其中进风巷负责引入新鲜空气，稀释有害气体；回风巷则用于排出污浊空气，确保空气质量达标；联络巷作为连接通道，调节风流方向和流量。此外，通风动力设备（如主要通风机和局部通风机）和通风构筑物（如风门、风桥、密闭墙）构成了通风系统的硬件基础。主要通风机通常安装在地面，通过机械方式产生强大风流，为整个矿井提供通风动力。局部通风机则安装在井下特定区域，用于局部区域的通风需求，如掘进工作面、回采工作面等。通风构筑物是控制风流方向和流量的重要设施，包括风门、风桥和密闭墙。风门用于调节风流，允许风流通过或阻断，确保风流按照预定路径流动。风桥则用于跨越巷道，使风流在巷道交叉处顺利通过，避免风流短路。密闭墙用于封闭废弃巷道或采空区，防止有害气体泄漏，确保通风系统的安全性。

1.2 通风方式与类型

通风方式主要分为自然通风和机械通风。自然通风依赖矿井内外温差和气压差产生风流，适用于小型矿井或特定条件下的通风需求。机械通风则通过通风设备产生风流，具有通风量大、风流稳定等优点，广泛应用于

各类矿井。机械通风根据风流方向可分为抽出式、压入式及混合式通风。抽出式通风通过主要通风机将污浊空气抽出矿井，新鲜空气自然流入。压入式通风则通过主要通风机将新鲜空气压入矿井，污浊空气自然排出。混合式通风结合了抽出式和压入式的优点，适用于大型复杂矿井。通风类型根据通风范围可分为分区通风和集中通风。分区通风将矿井划分为多个独立通风区域，每个区域设置独立通风系统，便于管理和维护。集中通风则将整个矿井作为一个整体进行通风，适用于规模较小或通风需求简单的矿井。

1.3 通风参数与计算

通风参数是通风系统设计和运行的重要依据，主要包括风量、风压和阻力。风量计算需根据井下作业人数、设备散热量、有害气体浓度等因素确定，确保井下空气质量符合安全标准。风量分配原则需考虑各作业区域的实际需求，确保风流均匀分布。风压计算需考虑通风网络结构、风流阻力等因素，通过计算确定主要通风机的选型和运行参数。阻力计算方法包括摩擦阻力、局部阻力和正面阻力等，需根据巷道断面、长度、支护形式等因素进行详细计算。通风能力评估与校核是确保通风系统安全运行的重要环节^[1]。通过评估通风系统的通风能力，确定其是否满足井下作业需求。校核则需考虑通风系统的稳定性、可靠性和经济性，对通风系统进行优化调整，确保其长期稳定运行。

2 通风安全管理措施

2.1 通风系统设计与优化

通风网络的设计应综合考虑矿井地质特征、生产需求以及未来扩展可能性。通过科学规划通风巷道的走向和断面尺寸，可以有效减少通风阻力，提高风流分配的均匀性。此外，在实际生产中，需要根据采掘工作面的变化及时调整通风设施布局，例如关闭不必要的风门或

增设导风板,以优化风流路径并降低能耗。对于高阻力区域,可通过扩大巷道断面或采用高效通风机来改善通风效果,使新鲜空气能有效送达各作业区域,污浊空气顺利排出^[2]。同时要兼顾通风系统的可靠性与灵活性,为后续生产调整与通风系统优化预留空间。通风系统优化策略着重于调整通风设施布局。根据矿井生产变化,如新工作面开拓、旧工作面回采结束等,及时调整风门、风桥、密闭墙等通风构筑物位置与状态。通过合理关闭或开启风门,引导风流合理分配,提高通风效率。对通风网络中阻力较大的区域,采取增设导风板、扩大巷道断面等措施,降低通风阻力,提升通风系统整体性能。通风能力提升技术对保障矿井通风安全至关重要。采用高效通风机是提升通风能力的有效途径。新型高效通风机具有风量大、风压高、能耗低等优点,能满足矿井日益增长的通风需求。优化通风机运行参数,如合理调整转速、叶片角度等,可使通风机在不同工况下均保持高效运行状态。采用并联通风、分区通风等方式,合理分配通风任务,也能有效提升通风能力。

2.2 通风设施维护与管理

通风构筑物日常检查与维护是保障通风系统稳定运行的基础。定期对风门、风桥、密闭墙等通风构筑物进行检查,查看其结构是否完好、密封是否严密。对出现损坏或老化的通风构筑物,及时进行修复或更换。例如,对风门门扇变形、密封条老化等问题,及时调整门扇位置、更换密封条,确保风门密封良好,防止风流短路。同时,保持通风构筑物周围环境整洁,避免杂物堆积影响通风效果。通风设备定期检修与保养是延长设备使用寿命、保障设备正常运行的关键。制定详细的通风设备检修计划,按照计划对主要通风机、局部通风机等设备进行定期检修。检查设备各部件磨损情况、润滑状况,对磨损严重的部件及时更换,对润滑不足的部位添加润滑油。定期对设备进行性能测试,确保设备各项性能指标符合要求。应加强设备日常保养,保持设备清洁,防止设备受潮、腐蚀。通风系统故障应急处理预案是应对突发情况的重要保障。制定完善的应急处理预案,明确应急处理流程、人员职责分工。当通风系统出现故障,如通风机停机、通风构筑物损坏等,能迅速启动应急预案,组织人员进行抢修。配备必要的应急物资与设备,如备用通风机、抢修工具等,确保在故障发生时能及时采取有效措施,恢复通风系统正常运行,保障矿井安全生产。

2.3 通风监测与监控

通风参数实时监测技术为通风安全管理提供数据支

持。采用设置甲烷传感器、温度传感器、风速传感器等手段,对矿井各区域的风量、风速、瓦斯浓度、温度等参数进行实时监测。并将监测数据实时传输至监控中心。通过这些数据直观反映通风系统运行状态,及时发现井下异常情况,为通风管理提供科学依据。通风系统运行状态监控平台实现对通风系统的集中监控与管理。将各监测点的数据集成到监控平台。监控人员可通过监控平台实时查看通风参数变化趋势、通风设备运行状态等信息。监控平台具备数据分析与处理功能,能对监测数据进行深入分析,提前预警通风系统潜在问题,为通风系统优化调整提供参考。异常情况预警与报警机制是保障通风安全的重要防线。根据通风参数监测数据,设定合理的预警值与报警值。当监测数据超过预警值时,系统自动发出预警信号,提醒监控人员关注通风系统运行状态;当监测数据达到报警值时,系统立即发出报警信号,并启动应急处理流程。通过及时预警与报警,能迅速采取措施,防止通风事故发生,保障矿井安全生产。

3 通风事故风险评估与防范

3.1 通风事故类型与原因分析

瓦斯爆炸是煤矿通风事故中最具威胁性的灾害之一。研究表明,当瓦斯浓度达到5%~16%的爆炸极限范围,并伴有高温火源(如电气火花或摩擦热)时,极易引发连锁反应,造成严重后果。因此,预防瓦斯爆炸的关键在于优化通风系统设计,确保风流合理分布,防止瓦斯积聚。同时,应加强瓦斯抽放管理,实时监测瓦斯浓度,并采取有效的降尘措施,降低煤尘爆炸的风险。造成瓦斯积聚的原因多样,通风系统不合理是重要因素之一,比如通风网络设计存在缺陷,风流分配不均,导致部分区域通风不畅,瓦斯无法及时排出;通风设施损坏也较为常见,像风门密闭不严,出现漏风现象,造成风流短路,使得瓦斯在特定区域积聚;另外,采掘工作面瓦斯涌出异常,若未及时采取有效抽采措施,瓦斯浓度会迅速升高,增加爆炸风险。煤尘爆炸同样具有严重危害性。煤尘在空气中达到一定浓度,并遇到火源时,会发生爆炸。煤尘积聚主要是因为煤炭开采、运输过程中,未采取有效降尘措施,大量煤尘飞扬。通风不良时,煤尘无法有效扩散,在巷道、工作面等区域积聚。电气设备失爆、违规动火作业等产生的火花,成为煤尘爆炸的引火源。例如,在电气设备维修过程中,若未严格按照操作规程进行,导致电气设备失爆,产生的电火花可能点燃积聚的煤尘。火灾事故不仅会造成人员伤亡和财产损失,还会引发通风紊乱。火灾发生时,高温烟

到破坏。火灾产生的有毒有害气体,如一氧化碳等,会随着风流扩散,威胁井下人员生命安全。火灾原因可能是电气设备故障、违规动火作业、煤炭自燃等^[3]。防范措施包括优化通风网络设计,确保风流合理分配;加强通风设施维护,及时修复损坏部位;严格瓦斯抽采管理,实时监测瓦斯浓度;落实降尘措施,减少煤尘积聚;规范电气设备操作,杜绝违规动火作业。通过综合防范,有效降低通风事故发生率。

3.2 风险评估方法与流程

风险识别是风险评估的基础,通过对矿井通风系统、生产作业环境等进行全面细致的排查,识别出可能引发通风事故的风险因素。建立评估指标体系,涵盖瓦斯浓度、煤尘浓度、通风阻力、通风设备运行状况等多个方面。例如,瓦斯浓度指标可设定不同区间的预警值,当瓦斯浓度接近预警值时,需加强监测和防范;通风阻力指标可反映通风系统的畅通程度,若通风阻力过大,可能影响通风效果,增加事故风险。对各项指标进行量化分析,确定其风险程度。根据评估指标体系计算结果,将通风事故风险划分为不同等级,如重大风险、较大风险、一般风险等。重大风险意味着一旦发生事故,将造成严重后果,需立即采取措施进行整改;较大风险也需重点关注,制定专项防范方案;一般风险则加强日常管理即可。编制详细评估报告,内容包括风险评估范围、评估方法、风险因素分析、风险等级划分以及评估结论等。评估报告为制定防范措施提供科学依据,使防范工作更具针对性和有效性。依据风险评估结果,针对不同等级风险制定相应防范措施。

3.3 通风事故防范措施

采用先进的瓦斯抽放技术,如本煤层抽放、邻近层抽放等,降低煤层瓦斯含量。建立完善的瓦斯抽放系统,确保抽放效果。加强对瓦斯抽放参数监测,如抽放浓度、抽放量等,根据监测结果及时调整抽放工艺。例如,当抽放浓度较低时,分析原因,可能是抽放钻孔布置不合理或抽放负压不足,及时采取相应措施进行改进。同时加强通风管理,保证通风系统稳定运行,及时排出瓦斯,防止瓦斯积聚^[4]。采取综合降尘措施,如喷雾

洒水、湿式打眼、煤层注水等,降低煤尘产生和飞扬。在巷道、工作面等区域设置防尘设施,如隔爆水棚、岩粉棚等,阻止煤尘爆炸传播。定期清扫巷道积尘,防止煤尘积聚。例如,在采煤工作面,采用湿式打眼工艺,减少打眼过程中煤尘的产生;在运输巷道,安装喷雾洒水装置,对运输过程中的煤尘进行降尘处理。加强电气设备管理,定期进行检查和维护,防止电气设备失爆。严格动火作业审批制度,规范动火作业流程。在矿井中配备足够的消防器材,如灭火器、消防沙箱等。加强人员培训,使井下人员掌握初期火灾扑救方法,一旦发生火灾,能够迅速采取措施进行扑救,防止火灾扩大。通过演练,检验应急预案的可行性和有效性,及时发现问题并进行改进。例如,模拟瓦斯爆炸事故场景,组织人员进行应急疏散和救援演练,检验人员在紧急情况下的反应速度和处置能力,同时对应急预案中的不足之处进行完善。

结束语

综上所述,煤矿通风系统的安全管理不仅关系到井下作业人员的生命安全,还直接影响煤矿生产的经济效益。通过对通风系统基础理论的深入研究,结合实际工程中的优化设计、设施维护和实时监控,可以有效提升通风系统的可靠性。此外,构建科学的风险评估体系,并制定针对性的防范措施,有助于从根本上减少通风事故的发生概率。未来的研究方向应进一步探索智能化通风技术和大数据分析方法,为煤矿行业的安全可持续发展提供更强有力的技术支撑。

参考文献

- [1] 聂慧萍.煤矿矿井通风安全管理及瓦斯防治技术[J].内蒙古煤炭经济,2024,(12):154-156.
- [2] 王敏.矿井通风技术在煤矿安全生产中的应用分析[J].现代盐化工,2024,51(03):76-78.
- [3] 樊慧文.基于煤矿安全工程通风管理及通风事故的防范途径分析[J].矿业装备,2021,(05):160-161.
- [4] 裴羽.煤矿安全通风管理及通风事故的防范措施[J].内蒙古煤炭经济,2022,(18):106-108.